

ЗАВИСИМОСТЬ ТЕМПЕРАТУРЫ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ И СОСТАВА ПОРОДООБРАЗУЮЩИХ СИЛИКАТОВ БАЗИТОВ ОТ ДАВЛЕНИЯ (СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ И ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ).

Е.В.Коптев-Дворников, Н.С.Арьяева, Д.А.Бычков

1. В программе КриМинал [1] мы используем следующий вид уравнения геотермометра

$$\ln K = \frac{A + bP}{T} + B + CT + D \lg f_{O_2} + E \ln \left(\frac{Al}{Si} \right) + FR + \sum_{i=1}^n J_i X_i \quad (1)$$

где K – константа реакции образования минала какой-либо кристаллической фазы, P – давление в кб, T – абсолютная температура, f_{O_2} – летучесть кислорода, $R = \ln[(Na+K)Al/Si^2]$, X_i – мольная доля i-ого компонента расплава, n – количество учитываемых компонентов, A, β, C, D, E, F, J_i – коэффициенты при соответствующих переменных, B – константа. Параметры Al/Si и R предложены [2] для уточнения оливиновых и плагиоклазовых геотермометров соответственно.

Ранее главным препятствием для корректного определения значений коэффициента β при давлении считалась малая длительность экспериментов, не гарантирующая равновесного распределения компонентов между твёрдыми фазами и расплавом [2]. При выводе коэффициентов для уравнений в диапазоне давлений мы воспользовались статистическим правилом, гласящим, что одинакового результата по надёжности и точности можно достичь путем либо ограниченного числа измерений высокой точности, либо используя большое количество измерений невысокой точности. Таким образом, несмотря на невысокое качество высокотемпературных опытов, применение методов многомерной статистики для больших по объёму выборок экспериментов позволило получить систему геотермометров, воспроизводящих с высокой точностью расплавно-твёрдофазовые равновесия в широком диапазоне составов и интервале давлений от 1 атмосферы до 15 кб. Погрешность полученных нами геотермометров не превышает экспериментальную погрешность определения температуры и составов минералов. В табл.1 приведены значения коэффициентов A, β и B в уравнении (1) для оливина, плагиоклаза и авгита.

Табл.1

	A	β	B	Плагио- клаз	A	β	B		A	β	B
Оливин								Авгит			
Форстерит	1711	1	-1.8	Анортит	6504	-25	-6.7	Энстатит	2076	22	-2.4
Фаялит	5427	33	-3.8	Альбит	1407	58	-21.9	Ферросилит	5087	87	-2.0
				Ортоклаз	0	87	0.4	Волластонит	2475	10	-9.8

2.. На рис. 1 показан результат численного моделирования равновесной кристаллизации образца MORB в сравнении с экспериментальными данными [3]. Полное совпадение наблюдается только для оливина – минерала, для которого легче всего устанавливается

равновесие. Учитывая крайне короткие выдержки экспериментов (первые часы), установление равновесия для других фаз проблематично. Результаты моделирования, основанные на большой статистике, с термодинамической точки зрения более логичны, в особенности замещение оливина ортопироксеном (а не авгитом, как в эксперименте).

3. На рис. 2 демонстрируется изменение рассчитанных составов оливина, плагиоклаза и авгита с ростом давления для того же образца. Состав оливина меняется незначительно, плагиоклаз становится заметно более кислым. В авгите рост содержания Mg компенсируется уменьшением не Fe, а Ca.

1. Бычков Д.А., Коптев-Дворников Е.В. Программа КриМинал для моделирования равновесия расплав-твёрдые фазы при заданном валовом составе системы // Ультрамафит-мафитовые комплексы складчатых областей докембрия. Матер. межд. конф. Улан-Удэ, 2005. С.122-123.

2. Аriskин А.А., Бармина Г.С. Моделирование фазовых равновесий при кристаллизации базальтовых магм. М.: Наука. 2000. 363 с.

3. Bender J.F., Hodges F.N., Bence A.E. Petrogenesis of basalts from the Project Famous Area: experimental study from 0 to 15 kbars//Earth and Planet. Sci. Lett., 1978, V. 41, N 3, P. 277-302.

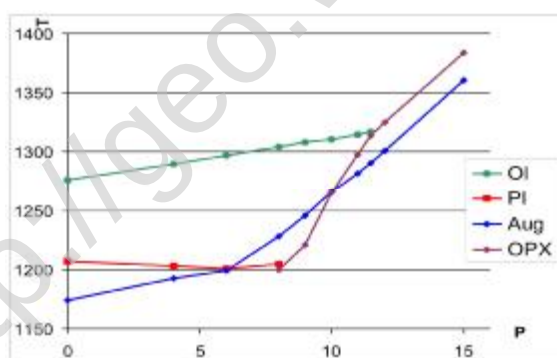


Рис. 1. Зависимость температур ликвидусов минералов от давления на примере базальтов Срединно-Атлантического Хребта района Famous. Линии – численное моделирование, значки – экспериментальные данные [3].

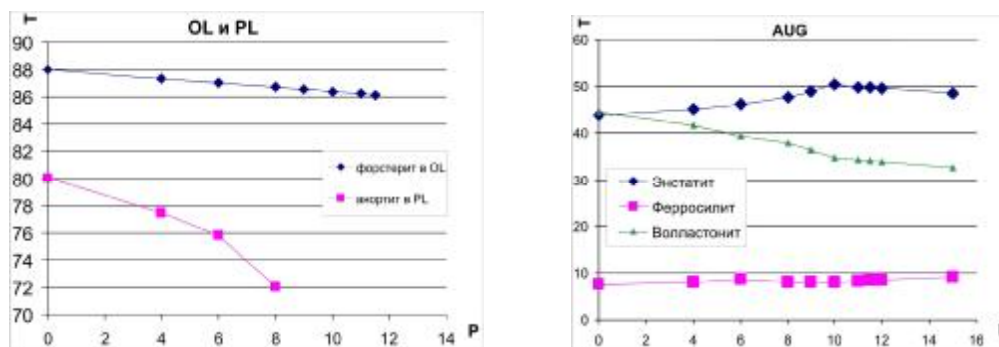


Рис. 2. Зависимость рассчитанных составов минералов от давления по результатам численного моделирования равновесной кристаллизации.